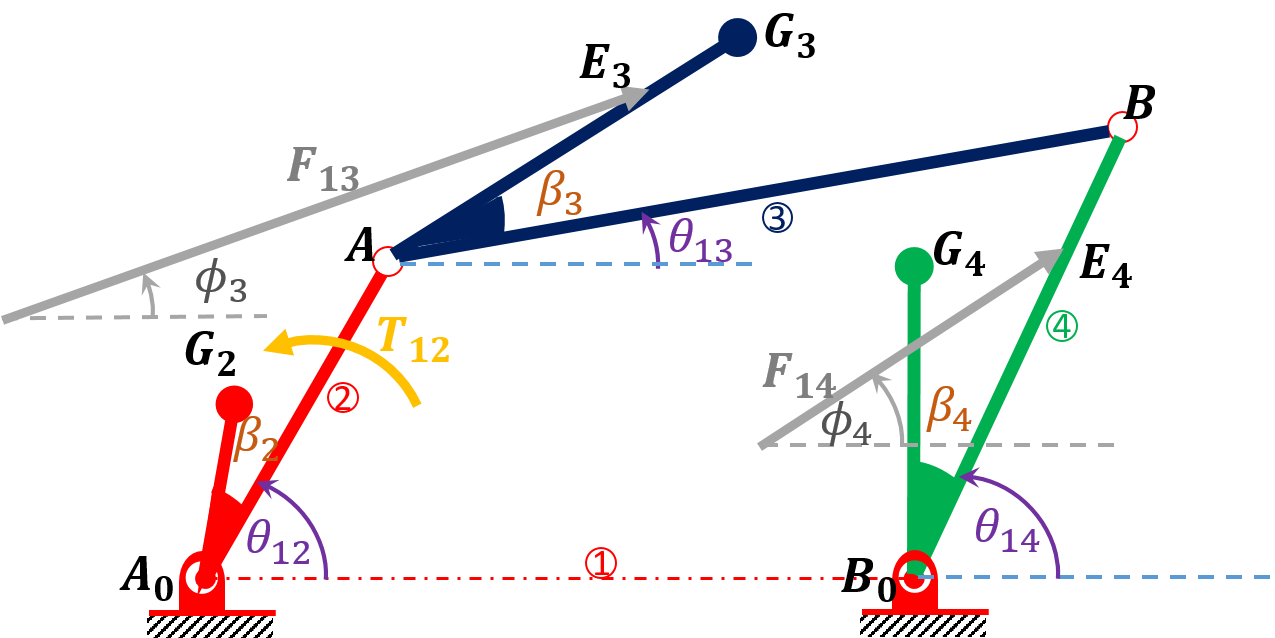
DÖRT ÇUBUK MEKANİZMASININ DİNAMİK KUVVET ANALİZİ

VERİLENLER

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uzuv Boyutları | | | Kütle ve Atalet Momentleri | | | | Sabit Açılar | |
| A0A | a2 | 0,6 m | m2 | 4,5 kg | k2 | 0,2 m | β2 | 20° |
| A0G2 | g2 | 0,3 m | m3 | 8,5 kg | k3 | 0,4 m | β3 | 30° |
| AB | a3 | 1,2 m | m4 | 6,5 kg | k4 | 0,3 m | β4 | 25° |
| AG3 | g3 | 0,5 m |  |  |  |  | φ3 | 30° |
| B0B | a4 | 0,8 m |  |  |  |  | φ4 | 20° |
| B0G4 | g4 | 0,5 m | Giriş milinin ω12=90 rad/s sabit hız ile dönmesi için, E3 ve E4 etki noktalarından etki eden, yönleri bilinen, büyüklükleri sırasıyla F13=500 N ve F14=1000 N olan dış kuvvetlerin etkisi altındaki mekanizmanın 180° ‘lik turu sırasında tahrik momentinin ve mafsal kuvvetlerinin aldığı değerleri bularak, grafik olarak gösteriniz. | | | | | |
| A0B0 | a1 | 1,2 m |
| B0E4 | f4 | 0,6 m |
| AE3 | f3 | 0,3 m |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Konum (mafsal) Değişkenlerinin Bulunması:**

Vektör kapalılık denkleminin

Sanal ve gerçel parçaları ayrı ayrı yazılarak

Denklemleri elde edilir. Önce bilinmeyenlerden biri ( açısı) yok edilmek üzere sol da yalnız bırakılır

1. **ve (2)’nin kareleri alınıp taraf tarafa toplanır.**

böylelikle

Denklemi elde edilir. Denklem *faz-açısı yöntemi* olarak bilinen yöntem ile çözülebilir. Yöntem şöyle uygulanır.

olmak üzere ve olarak tanımlanabilir. Bu durumda

olur. Çözülmek istenen (\*) denkleminde A ve B için yeni tanımlanan değişkenler yerine yazılırsa

elde edilir.

Bu durumda;

veya farklı bir ifade ile;

ve

Bu durumda;

**Hız Analizi**

Giriş: ( ve konum analizinden biliniyor.)

Bilinmeyenler: ,

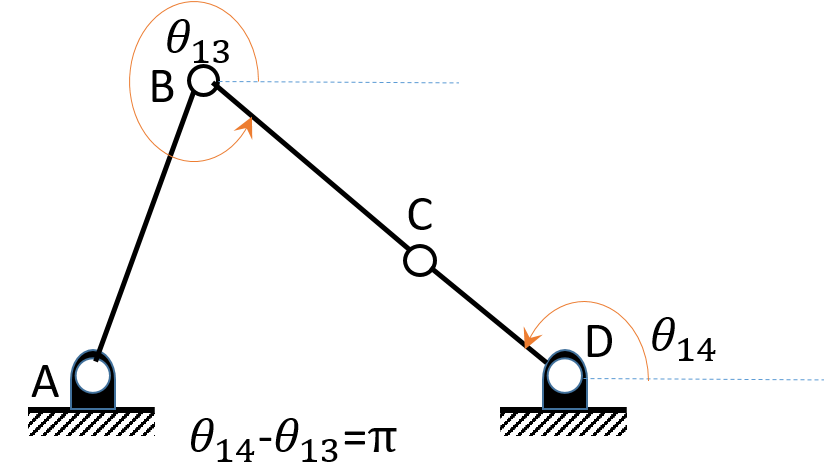
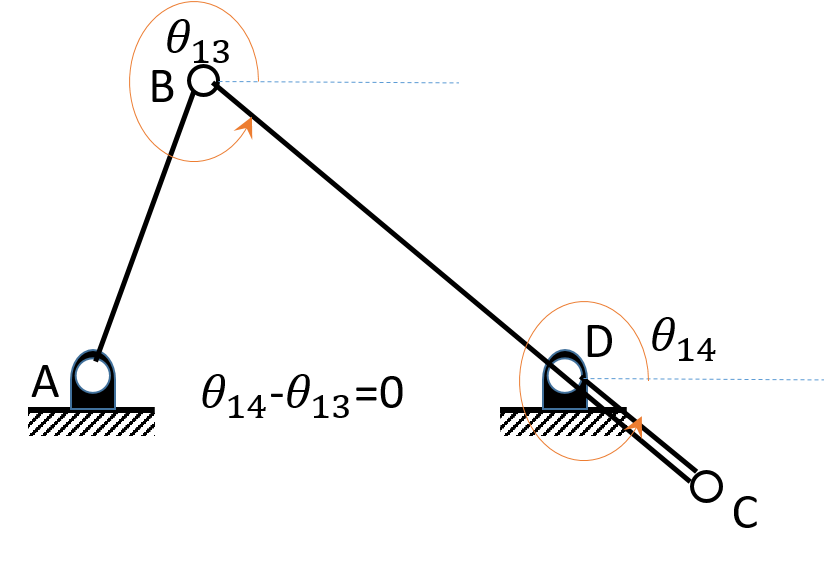
(2) denklemini gerçel ve sanal kısımlarını ayrı ayrı yazalım.

(3) ve (4) iki bilinmeyenli (,) doğrusal iki denklemdir. Çözüm için bu iki denklemi matris formunda düzenleyelim.

(5) denklemini kapalı formda (6) denklemindeki gibi yazılır.

Eğer ise (6) tek denkleminin vektörü için tekil bir çözümü vardır. Ancak

Dolayısıyla



Yukarıdaki şekiller giriş olduğunda dört çubuk mekanizmasının tekil pozisyonlarını göstermektedir. Bu pozisyonlar oluştuğunda mekanizma kitlenir ve artık mekanizmayı süremez yani bu pozisyonlardan en az biri olduğunda (6) denklemi çözülemez.

**(6) Denkleminin Çözümü**

Cramer Kuralı

ise denklem takımı kramer kuralıyla çözülür.

Bu durumda (6) denklemine geri dönersek.

Burada ve arasındaki etki katsayısı ve ve arasındaki etki katsayısıdır.

Not 1: Etki katsayıları daima uzuv uzunluklarının ve pozisyon değişkenlerinin bir fonksiyonudur.

Not 2: det(A)=0 olursa o zaman etki katsayısı sonsuza gider.

**İvme Analizi**

Giriş: ( ve konum analizinden, ve hız analizinden biliniyor.

Bilinmeyenler: ,

(10) denkleminin gerçel ve sanal kısımlarını ayrı ayrı yazalım.

Dikkat:

(11) ve (12) denklemleri iki doğrusal denklem bilinmeyenler ve , hız analizinde öğrendiğimiz kramer kuralıyla çözebiliriz. Önce denklemi matris formunda yazalım.

Dikkat;

* matrisi hız analizinde bulunan matrisin aynısıdır; (5)’de matrisinin açık hali yazılıdır. (6) denkleminde bilinmeyenler vektörü hızları içerirken, (13)’de bilinmeyen vektörü , ivmeleri içerir.
* vektörü, uzuv boyutlarının, pozisyon değişkenlerinin, hız değişkenlerinin ve bilinen ivme değişkenlerinin fonksiyonudur.

**Ağırlık merkezlerinin linear ivmeleri**

Uzuv 2;

Uzuv 3

Uzuv 4

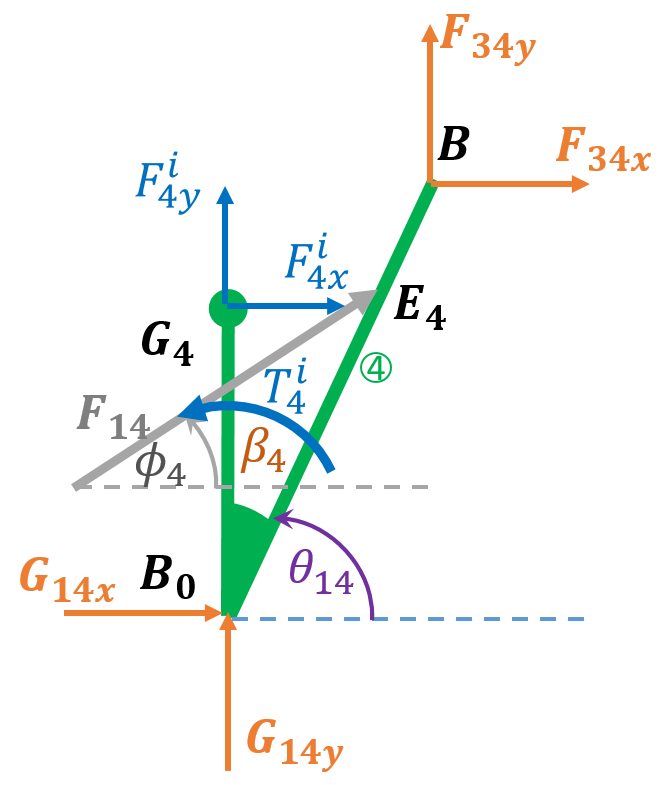
**Uzuvların kütleleri ve atalet momentleri**

Uzuvların kütleleri ve eylemsizlik yarıçapları verilmişti, atalet momentleri şu şekilde bulunur.

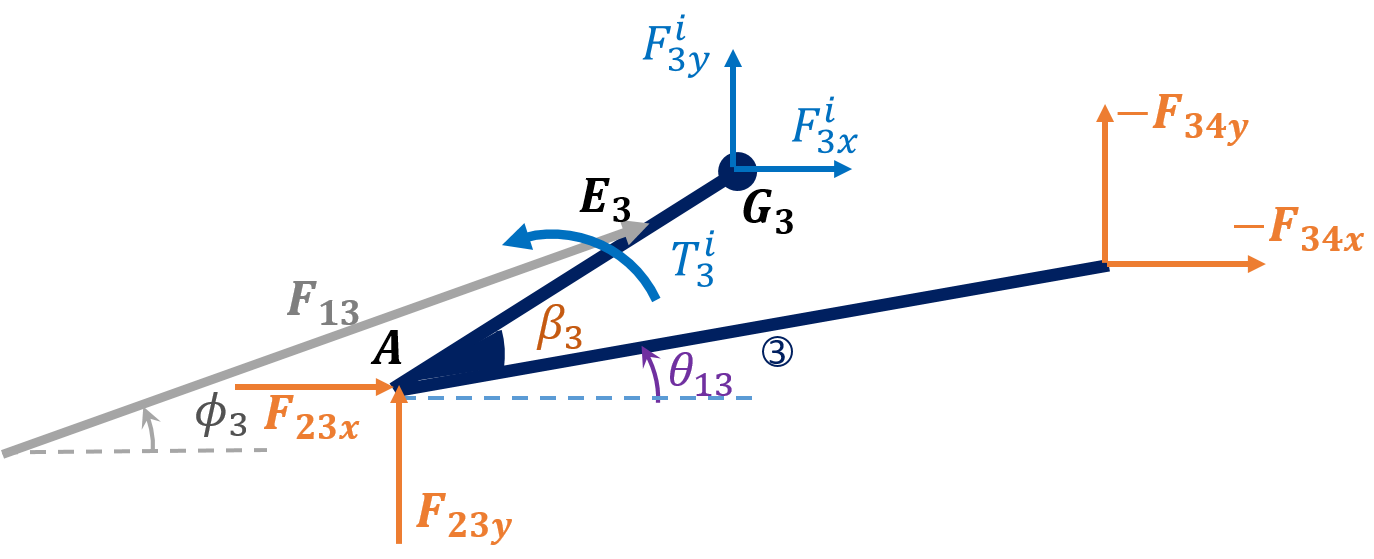
**Atalet Kuvvet ve Momentleri**

Bu noktada problem her bir uzuv için denge denklemlerinin yazılabileceği hale gelmiştir. Öncelikle serbest cisim diyagramları çizilir.

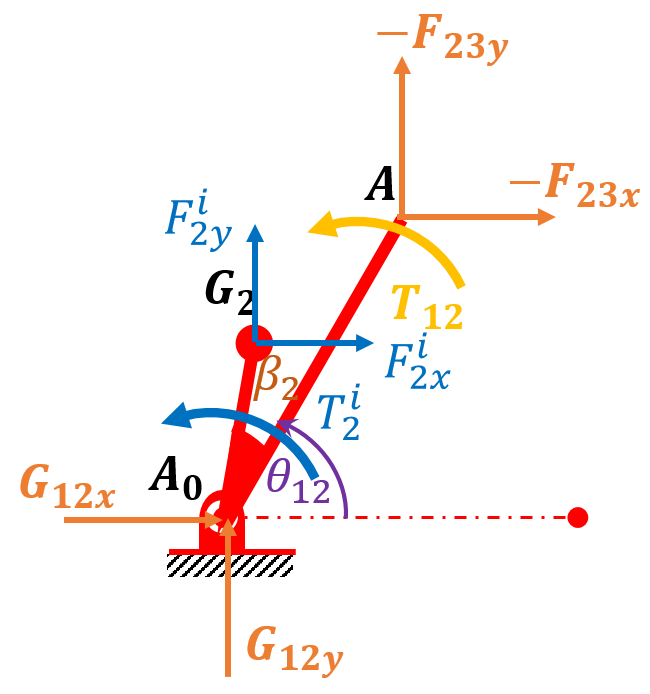
**Uzuv 4:**

****

**Uzuv 3:**

****

**Uzuv 2:**

****



Çözüm için Matlab Kodu

%Dört Çubuk Mekanizması

%Girdiler

%Uzuv Boyutları

a1=1.2; %sabit uzuv

a2=0.6; %2. uzuv

a3=1.2; %2. uzuv

a4=0.8; %2. uzuv

g2=0.3;

g3=0.5;

g4=0.5;

f3=0.3;

f4=0.6;

m2=4.5;

m3=8.5;

m4=6.5;

k2=0.2;I2=m2\*k2^2;

k3=0.4;I3=m3\*k3^2;

k4=0.3;I4=m4\*k4^2;

beta2=20\*pi/180;beta3=30\*pi/180;beta4=25\*pi/180;

fi3=30\*pi/180;fi4=20\*pi/180;

w12=30;alfa12=0;

F13=500;F14=1000;

Q12=0:pi/180:2\*pi;

bb=length(Q12);

Q13=zeros(1,length(Q12));

Q14=zeros(1,length(Q12));

w13=zeros(1,length(Q12));

w14=zeros(1,length(Q12));

alfa=zeros(2,length(Q12));

F2U=ones(length(Q12),3)\* diag(F13\*[cos(fi3) sin(fi3) 0]);

F2u=F13\*[cos(fi3) sin(fi3) 0];

F2d=F14\*[cos(fi4) sin(fi4) 0];

F2i=zeros(bb,3);F3i=zeros(bb,3);F4i=zeros(bb,3);F34=zeros(bb,3);

T2i=zeros(1,bb);T3i=zeros(1,bb);T4i=zeros(1,bb);T12=zeros(1,bb);

for i=1:length(Q12)

% Konum Analizi

C=a1^2+a2^2+a4^2-a3^2-2\*a1\*a2\*cos(Q12(i));

A=-2\*a1\*a4+2\*a2\*a4\*cos(Q12(i));

B=2\*a2\*a4\*sin(Q12(i));

D=sqrt(A^2+B^2);f=atan2(B,A);

Q14(i)=f-acos(C/D);

Q13(i)=atan2((a4\*sin(Q14(i))-a2\*sin(Q12(i)))/a3,(a1+a4\*cos(Q14(i))-a2\*cos(Q12(i)))/a3);

% Hız Analizi

w13(i)=(a2/a3)\*(sin(Q12(i)-Q14(i))/sin(Q14(i)-Q13(i)))\*w12;

w14(i)=(a2/a4)\*(sin(Q12(i)-Q13(i))/sin(Q14(i)-Q13(i)))\*w12;

%W(:,i)=[-a3\*cos(Q13(i)) a4\*cos(Q14(i));-a3\*sin(Q13(i)) a4\*sin(Q14(i))]\[a2\*w12\*cos(Q12(i));a2\*w12\*sin(Q12(i))];

% İvme Analizi

d=[-a2\*w12^2\*sin(Q12(i))+a2\*alfa12\*cos(Q12(i))-a3\*w13(i)^2\*sin(Q13(i))+a4\*w14(i)^2\*sin(Q14(i));a2\*w12^2\*cos(Q12(i))+a2\*alfa12\*sin(Q12(i))+a3\*w13(i)^2\*cos(Q13(i))-a4\*w14(i)^2\*cos(Q14(i))];

alfa(:,i)=[-a3\*cos(Q13(i)) a4\*cos(Q14(i));-a3\*sin(Q13(i)) a4\*sin(Q14(i))]\d;

% Ağırlık merkezlerinin linear ivmeleri

a2gx=g2\*(-w12^2\*cos(Q12(i)+beta2)-alfa12\*sin(Q12(i)+beta2));

a2gy=g2\*(-w12^2\*sin(Q12(i)+beta2)+alfa12\*cos(Q12(i)+beta2));

a3gx=a2\*(-w12^2\*cos(Q12(i))-alfa12\*sin(Q12(i)))+g3\*(-w13(i)^2\*cos(Q13(i)+beta3)-alfa(1,i)\*sin(Q13(i)+beta3));

a3gy=a2\*(-w12^2\*sin(Q12(i))+alfa12\*cos(Q12(i)))+g3\*(-w13(i)^2\*sin(Q13(i)+beta3)+alfa(1,i)\*cos(Q13(i)+beta3));

a4gx=g4\*(-w14(i)^2\*cos(Q14(i)+beta4)-alfa(2,i)\*sin(Q14(i)+beta4));

a4gy=g4\*(-w14(i)^2\*sin(Q14(i)+beta4)+alfa(2,i)\*cos(Q14(i)+beta4));

F2i(i,:)=-m2\*[a2gx a2gy 0];T2i(i)=-I2\*alfa12;

F3i(i,:)=-m3\*[a3gx a3gy 0];T3i(i)=-I3\*alfa(1,i);

F4i(i,:)=-m4\*[a4gx a4gy 0];T4i(i)=-I4\*alfa(2,i);

r1d=a4\*[cos(Q14(i)) sin(Q14(i)) 0];

r2d=f4\*[cos(Q14(i)) sin(Q14(i)) 0];

r3d=g4\*[cos(Q14(i)+beta4) sin(Q14(i)+beta4) 0];

%F1d=[F34x F34y 0];

r1u=a3\*[cos(Q13(i)) sin(Q13(i)) 0];

r2u=f3\*[cos(Q13(i)+beta3) sin(Q13(i)+beta3) 0];

r3u=g3\*[cos(Q13(i)+beta3) sin(Q13(i)+beta3) 0];

M41=[-r1d(2) r1d(1);r1u(2) -r1u(1)];

M42=cross(r2d,F2d)+cross(r3d,F4i(i,:))+[0 0 T4i(i)];

M32=cross(r2u,F2u)+cross(r3u,F3i(i,:))+[0 0 T3i(i)];

S41=[-M42(3);-M32(3)];

F34h=M41\S41;

F34(i,:)=[F34h' 0];

end

F23=F34-F3i-F2U;

for i=1:length(Q12)

r1i=a2\*[cos(Q12(i)) sin(Q12(i)) 0];

r2i=g2\*[cos(Q12(i)+beta2) sin(Q12(i)+beta2) 0];

T12v=cross(r1i,F23(i,:))-cross(r2i,F2i(i,:));

T12(i)=T12v(3);

end

i=(0:1:length(Q12)-1);

% plot(i,Q13\*180/pi,i, Q14\*180/pi,'Linewidth',2);

% legend('\theta\_1\_3','\theta\_1\_4');

% title('Konum Değişkenlerinin Değişimi')

% ylabel('\theta\_1\_3 ve \theta\_1\_4 Açıları (derece)');

% xlabel('\theta\_1\_2 Açısı (derece)');

% figure;

% plot(i,w13,i, w14,'Linewidth',2);

% legend('\omega\_1\_3','\omega\_1\_4');

% title('Hız Değişkenlerinin Değişimi')

% ylabel('\omega\_1\_3 ve \omega\_1\_4 Hızları (rad/s)');

% xlabel('\theta\_1\_2 Açısı (derece)');

% figure;

% plot(i,alfa(1,:),i,alfa(2,:),'Linewidth',2);

% legend('\alpha\_1\_3','\alpha\_1\_4');

% title('İvme Değişkenlerinin Değişimi')

% ylabel('\alpha\_1\_3 ve \alpha\_1\_4 ivmeleri (rad/s^2)');

% xlabel('\theta\_1\_2 Açısı (derece)');

%

% figure;

plot(i,T12','Linewidth',2);

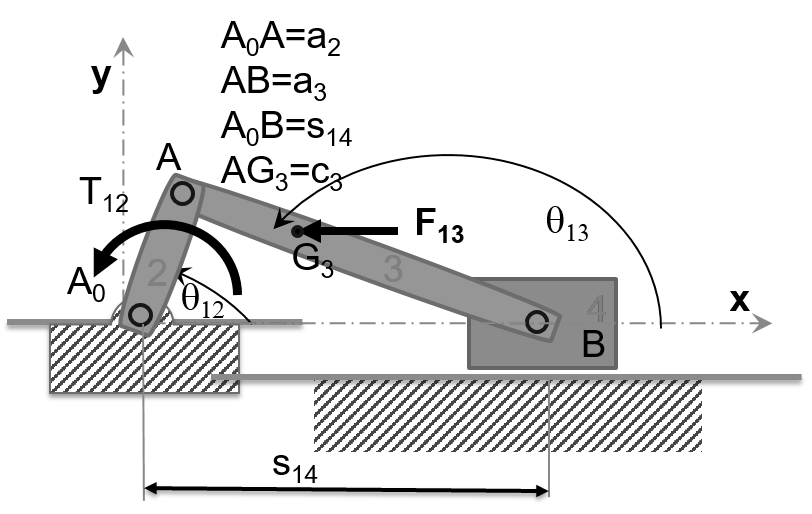
title('Giriş Kolu Torkunun Değişimi')

ylabel('T\_1\_2 (N-m)');

xlabel('\theta\_1\_2 Açısı (derece)');

hold on;

KRANK BİYEL MEKANİZMASININ DİNAMİK KUVVET ANALİZİ

Şekilde bir motorun krank biyel mekanizması görünmektedir. a2=0.25 m , a3=0.75 m, c3=0.35 m,

, sabit hız olarak verilmiştir.

4 uzvunun kütlesi m4=7 kg olarak verilmiş ve diğer uzuvlar m4’e oranla çok hafif olduklarından ağırlıksız kabul edilmişlerdir. Tüm mafsallar sürtünmesiz olarak kabul edilmiştir.

Kinematik analiz sonucunda;

, , , ve

, olarak bulunmuştur.

3 uzvuna, yatay yönde şekilde gösterilen doğrultuda dış kuvveti etkimektedir. Kuvvetin etki noktasının noktasına göre konum vektörü olarak bulunmuştur. A noktasının B noktasına göre konum vektörü dir. Yine A noktasının A0 noktasına göre konum vektörü ise olarak verilmektedir.

Bu verilenlere göre torkunun hesaplayınız.

Değerlendirme: Serbest Cisim Diyagramlarının doğru çizilmesi %50 + Hesaplamalar %50 şeklinde puanlanacaktır.

**Çözüm:**

* ***Soruda***, kinematik analizin yapıldığı ifade edilmiş ve tüm kinematik büyüklükler ***verilmiştir.***

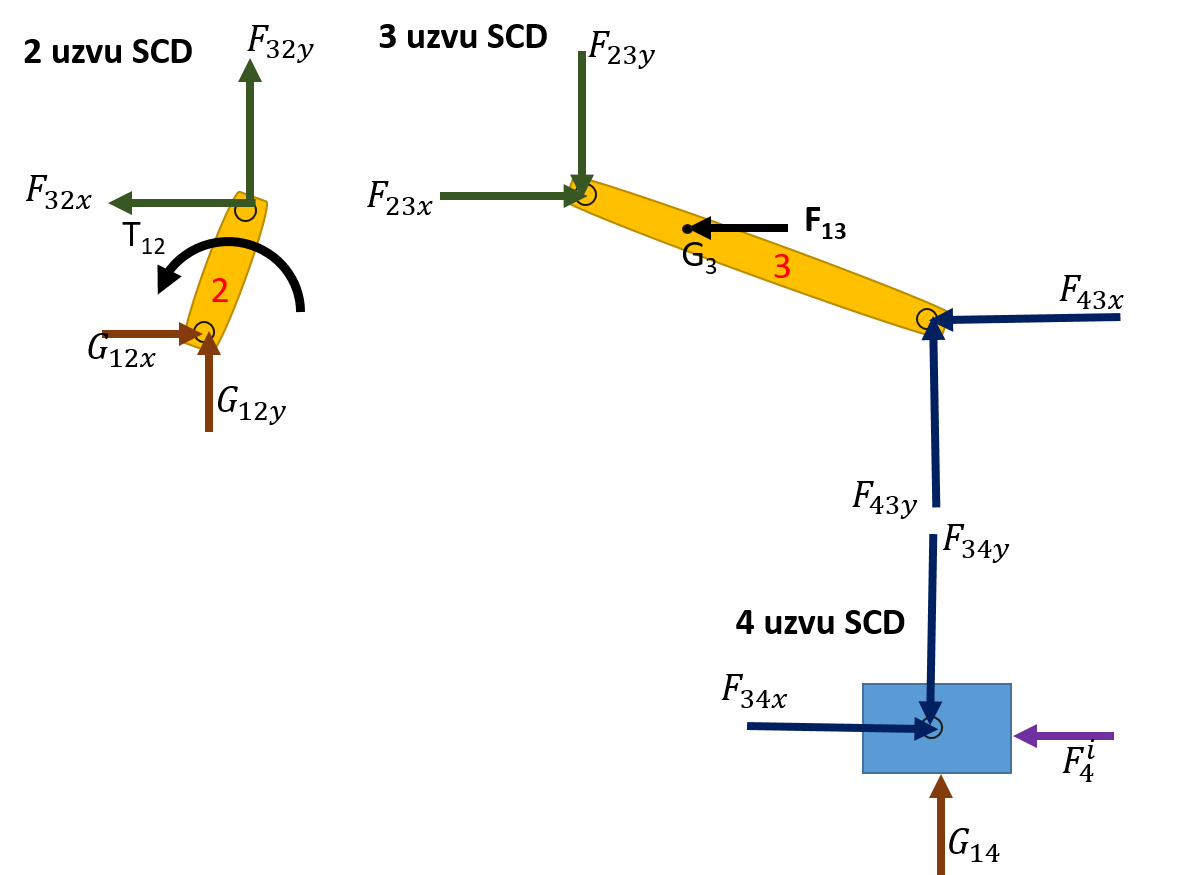
, , , ve

, olarak bulunmuştur.

* ***Soruda***, 4 uzvunun kütlesi **m4=7 kg** olarak ***verilmiştir.***
* ***Soruda***, dış kuvvet olarak ***verilmiştir.***
* ***Soruda***, tüm konum vektörleri
  + Dış Kuvvetin etki noktasının noktasına göre konum vektörü olarak
  + A noktasının B noktasına göre konum vektörü olarak, ve
  + A noktasının A0 noktasına göre konum vektörü ise olarak ***verilmiştir.***
* torkunun ***hesaplanması istenmektedir***.
* Yapılması gereken,
* verilen değerlerden 4 uzvuna etki eden atalet kuvvetini bulmak
* Serbest cisim diyagramlarını çizerek D’alambert prensibine dayanarak atalet kuvvetinide serbest cisim diyagramında göstermek
* Kuvvet ve moment denklemlerini yazarak bilinmeyen  **değerine ulaşmak.**

Çözüm Adımlarını yerine getirirsek;

* (Yani büyüklüğü yönü ise –x yönünde)
* Şimdi SCD’larını çizelim;



**4 Uzvunun Denge Denklemleri;**

4 uzvundan x yönündeki kuvvet denge denklemini yazarsak;

4 uzvunun y yönündeki kuvvet denklemini yazmaya gerek yok, çünkü buradan iki bilinmeyen gelecek çözüm sağlanamayacak

**3 Uzvunun Denge Denklemleri;**

3 uzvunda denge denklemlerini yazmadan önce Newton’un 3. Yasasından (etkiye tepki);

olduğunu hatırlayalım.

**2 Uzvunun Denge Denklemleri;**

2 uzvunda denge denklemlerini yazmadan önce Newton’un 3. Yasasından (etkiye tepki);

olduğunu hatırlayalım.

saat yönünde etkimektedir. Yani SCD gösterilen yönün tersinedir.